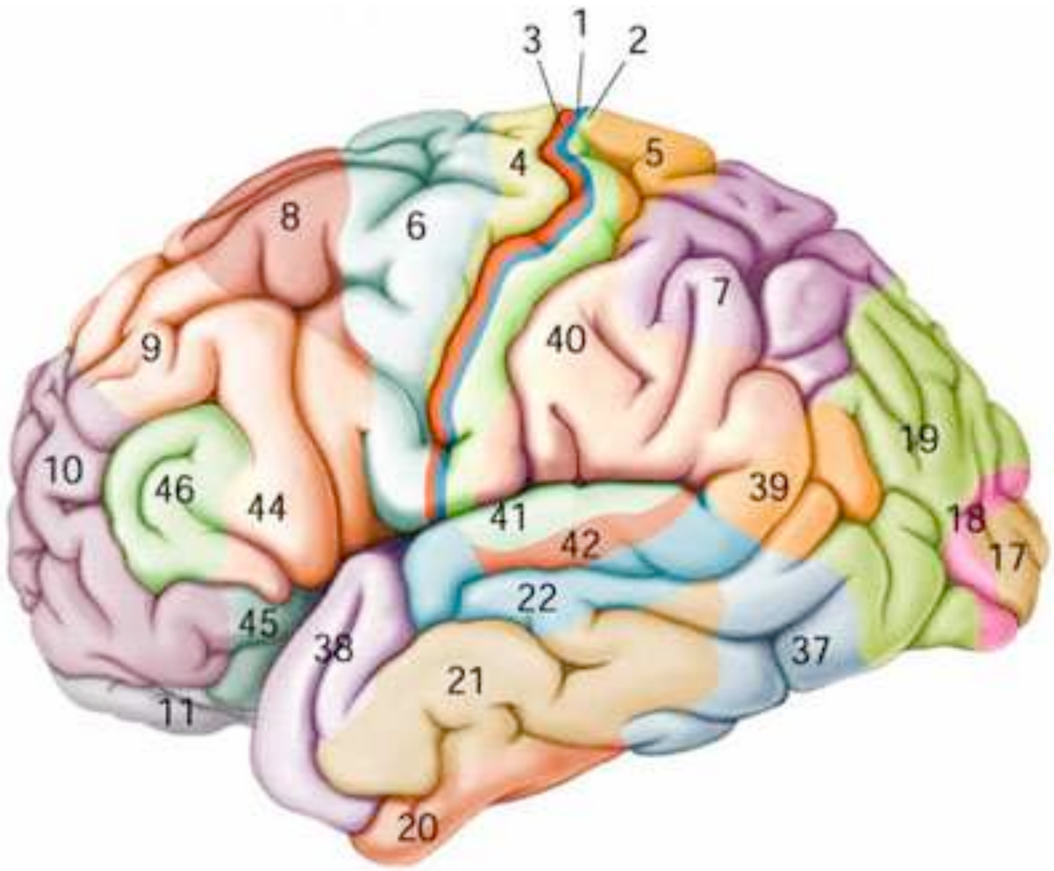
FUNDAMENTOS DE NEUROANATOMÍA Y NEUROFISIOLOGÍA



FUNDAMENTOS DE NEUROANATOMÍA Y NEUROFISIOLOGÍA

OBJETIVOS SEMANA 1

1- Comprender los fundamentos del funcionamiento del sistema nervioso

2- Identificar los diferentes mecanismos neuronales

3- Explicar la división funcional del sistema nervioso

INTRODUCCIÓN

Durante este módulo estudiaremos en profundidad cuáles son los mecanismos neurobiológicos subyacentes a algunos procesos básicos como la memoria, el aprendizaje, la emoción e, igualmente, analizaremos el funcionamiento biológico tras procesos biológicos como el sueño, y la conducta de ingesta.

Por lo anterior, es necesario que durante las primeras semanas de estudio de este módulo retomemos algunos de los aspectos básicos que fueron abordados en el módulo de Psicobiología. Comenzaremos entonces con una nueva revisión acerca de aspectos básicos sobre la neurona, su fisiología y la organización del sistema nervioso.

NEURONA

Cuerpo celular o soma

El soma es el centro metabólico de la neurona. Allí, además, se encuentra el núcleo celular y otras estructuras que ayudan a la célula a realizar sus funciones. Este se encarga de aceptar los mensajes entrantes y luego de ello pasarlos al axón.

Por otro lado, encontramos la **vaina de mielina** que se refiere a una cubierta blanquecina y grasosa que se encuentra alrededor de los axones de algunas neuronas, por lo cual no se considera una parte característica de las neuronas en general, sin embargo, ayuda fundamentalmente a aislar la neurona y a agilizar los impulsos neurales.

La mielina se compone de muchas capas concentradas de lípidos producidos por las células de Schwann (células gliales) en el sistema nervioso periférico y por oligodendrocitos (otras células gliales) en el sistema nervioso central. La vaina de mielina se divide por segmentos de 1mm de largo, seguidos por intervalos donde no hay mielina, llamados **nódulos de Ranvier.**

Dendritas

Fibras cortas que se ramifican a partir del cuerpo celular. Son las que reciben la información sináptica que entra y por esto, junto con el cuerpo, permite el polo receptor de la neurona. No obstante, generalmente las dendritas son las que permiten una mayor área receptora en comparación con el soma. Las ramificaciones de las dendritas son las que determinan la manera cómo la neurona integra las aferencias sinápticas que provienen de diferentes fuentes.

Axón

Palabra griega que significa "eje". Es una fibra larga que se extiende a partir del cuerpo celular y transmite mensajes al exterior; es como un cable muy pequeño que transmite la información hacia otra neurona, músculo o glándula. Un solo axón se forma de la mayor parte de las neuronas y es un tubo cilíndrico de citoplasma cubierto por una membrana que se conoce como *axolema*.

POTENCIAL DE ACCIÓN

El proceso de comunicación dentro de la neurona comienza en el momento en que las dendritas y el soma reciben la información eléctrica, éstos "mensajes" han sido transmitidos a través del axón a manera de impulso neural o lo que se conoce como **potencial de acción.** Se produce en el potencial de acción porque las neuronas están en condiciones de abandonar su estado de reposo para con ello poder despolarizarse; el impulso nervioso que viaja a través de la neurona se produce por un cambio transitorio de la permeabilidad de la membrana.

El estímulo que supera el valor umbral entre los 10 – 20 milivoltios (mV), ocasiona una excitación de la membrana hasta llegar a un potencial entre los 40 – 50 mV, teniendo

como consecuencia la pérdida del potencial de reposo y produciendo una inversión de cargas ya que la polaridad interna, pasa de cargas negativas a positivas y de nuevo a negativas.

En aquel momento se cumple la ley del "todo o nada" ya que el impulso desde que comienza, no puede devolverse y si el estímulo no logra llegar al umbral, no se produce el potencial de acción y la neurona no se excitaría.

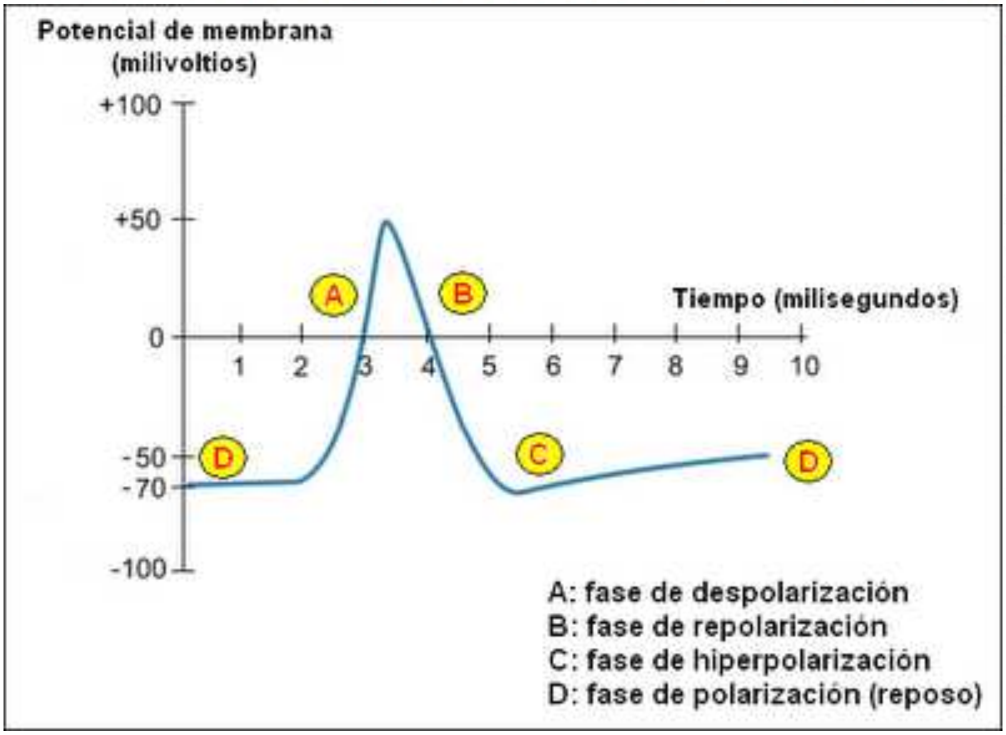
Con la despolarización se abren los canales de sodio y por ello existe un ingreso de cationes de sodio a la célula, que supera la salida de potasio por los canales.

Luego de ello, cuando el gradiente se equilibra, se inhiben los canales de sodio y con ello no entra más Na+; por tanto, el exceso de sodio dentro de la célula se elimina por la bomba Na+ K+ y, además, sale K+ para neutralizar la carga negativa en el espacio extracelular.

Todo ello se explica porque después del disparo del potencial de acción, la neurona entra en un período *refractario* donde no permite iniciar otro potencial de acción; en aquel período refractario, la neurona entonces se *repolariza,* que es el período donde busca restablecer el equilibrio de reposo con iones negativos dentro y con iones positivos afuera de la membrana.

Finalmente, cuando se abren los canales de potasio, ocurre lo llamado *hiperpolarización* pero luego ocurre la bomba sodio-potasio donde la neurona vuelve a su potencial de reposo.

Figura 1. Potencial de membrana



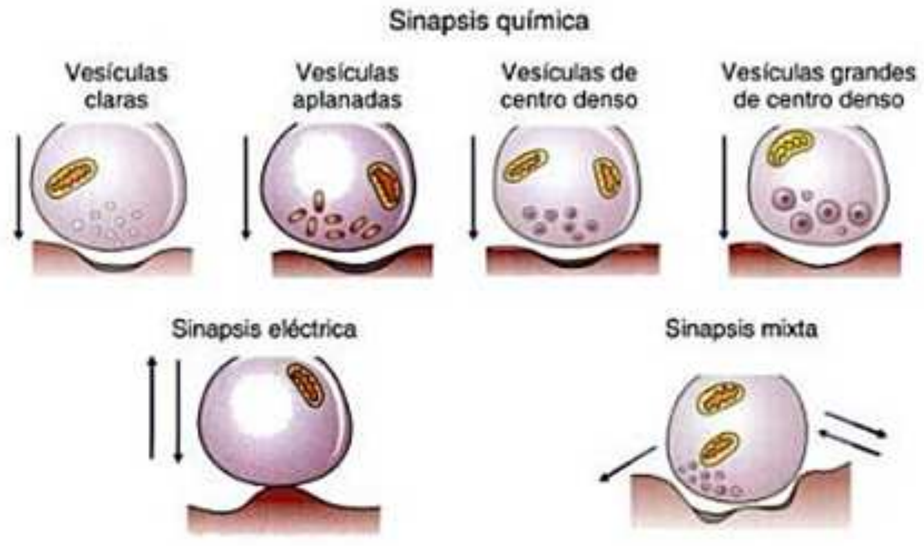
Fuente: (Nachon, 2008)

Sinapsis

La sinapsis son uniones entre neuronas que se comunican entre ellas y donde las excitatorias aumentan la probabilidad de que la neurona postsináptica dispare, mientras que otras son inhibitorias, es decir, disminuyen la probabilidad de que la neurona postsináptica se active.

Al observar el mecanismo empleado para la transmisión de la información, las sinapsis pueden dividirse en: sinapsis químicas, eléctricas y mixtas.

Figura 2. Ejemplo de sinapsis



Fuente: (Cardinali, 2007)

- **Sinapsis eléctrica:** en ésta no existe una diferenciación entre las estructuras con vesículas sinápticas (presinapsis) y sin ellas, como en la postsinapsis. Por tanto, la sinapsis eléctrica es de tipo bidireccional. Las uniones entre las neuronas funcionan como vías conductivas donde la corriente eléctrica pueda fluir de modo directo desde el axón presináptico hasta la neurona postsináptica.
- **Sinapsis mixtas:** en estas se encuentran zonas de vesículas en el sector presináptico como en la sinapsis química, cercanas a zonas de membrana que se caracterizan de la sinapsis eléctrica.
- **Sinapsis química:** en este tipo de sinapsis, el mensaje es transmitido por liberación desde la presinapsis, de un **neurotransmisor** (presentes en las vesículas). En ésta, el mensaje es unidireccional porque va desde la presinapsis hasta la postsinapsis.

Adicionalmente, es fundamental tener en cuenta que en el sistema nervioso existen contactos neuronales que se realizan por compartimentos, es por ello que existen varios tipos anatómicos de sinapsis: axoaxónica, axosomática, axodendrítica y dendrodendrítica.

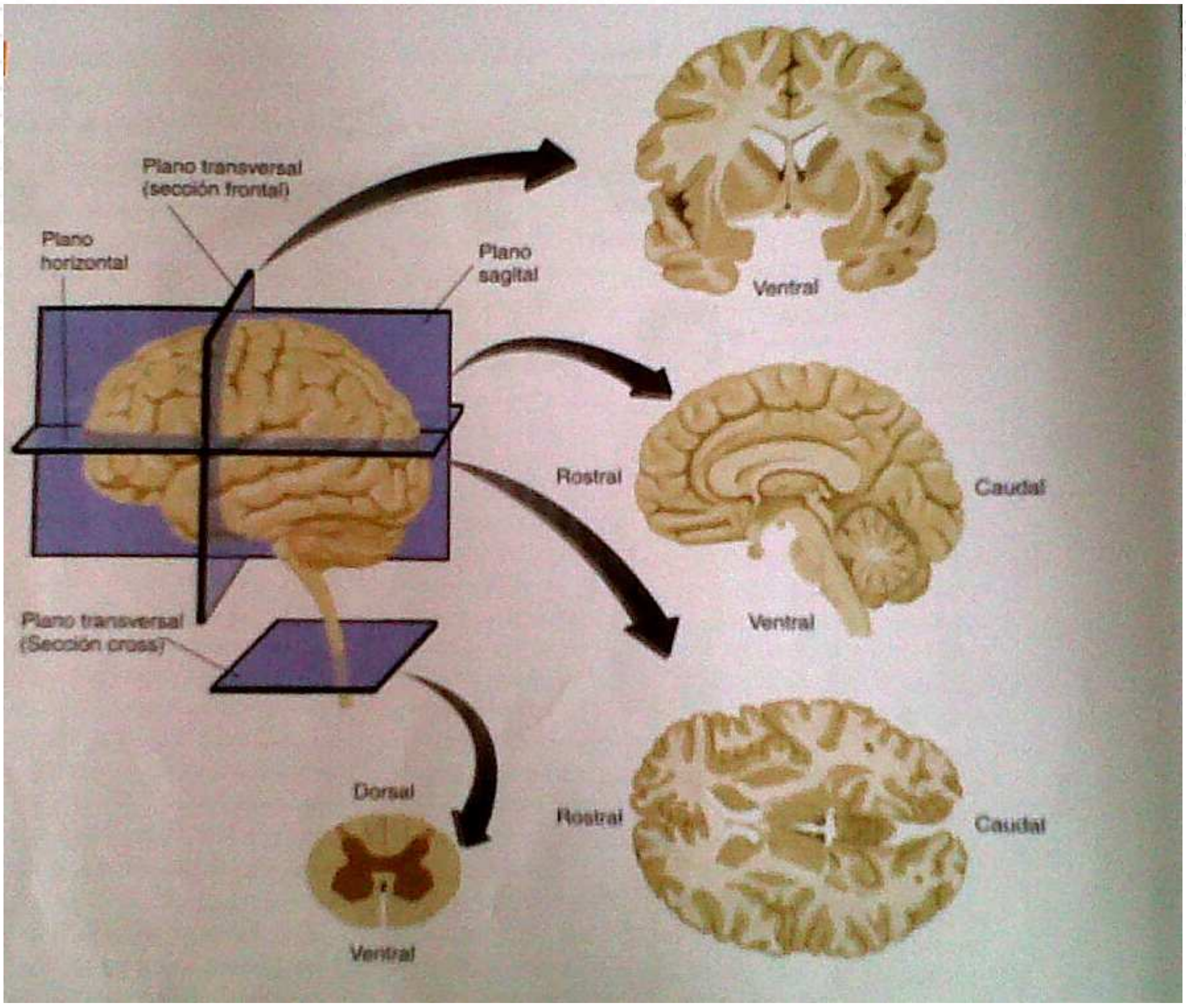
ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO

Para entender la descripción de las estructuras del sistema nervioso, habitualmente la localización se describe en relación con un **neuroeje**, que corresponde a una línea imaginaria trazada por la médula espinal hasta la parte frontal del encéfalo.

En este sentido, respecto a la ubicación del sistema nervioso central, lo que se encuentra localizado cerca o en dirección a la cabeza se refiere a lo **anterior** y lo que se encuentra cerca o en dirección a la cola será lo **posterior.** Igualmente, se usan términos como **rostral** a lo que se encuentra hacia el rostro y **caudal** que es "hacia la cola" pero en dirección a lo largo del neuroeje lejos de la parte anterior del rostro.

La zona superior de la cabeza y el dorso son parte de la superficie **dorsal** mientras que la parte **ventral** (delantera-vientre), mira hacia el suelo; si se refiere al encéfalo, **superior** significa encima mientras que **inferior** se refiere a debajo. Adicionalmente la vista hacia los lados se conoce como **lateral** y hacía la línea media, **medial.**

Figura 3.



Fuente: (Carlson, 2006)

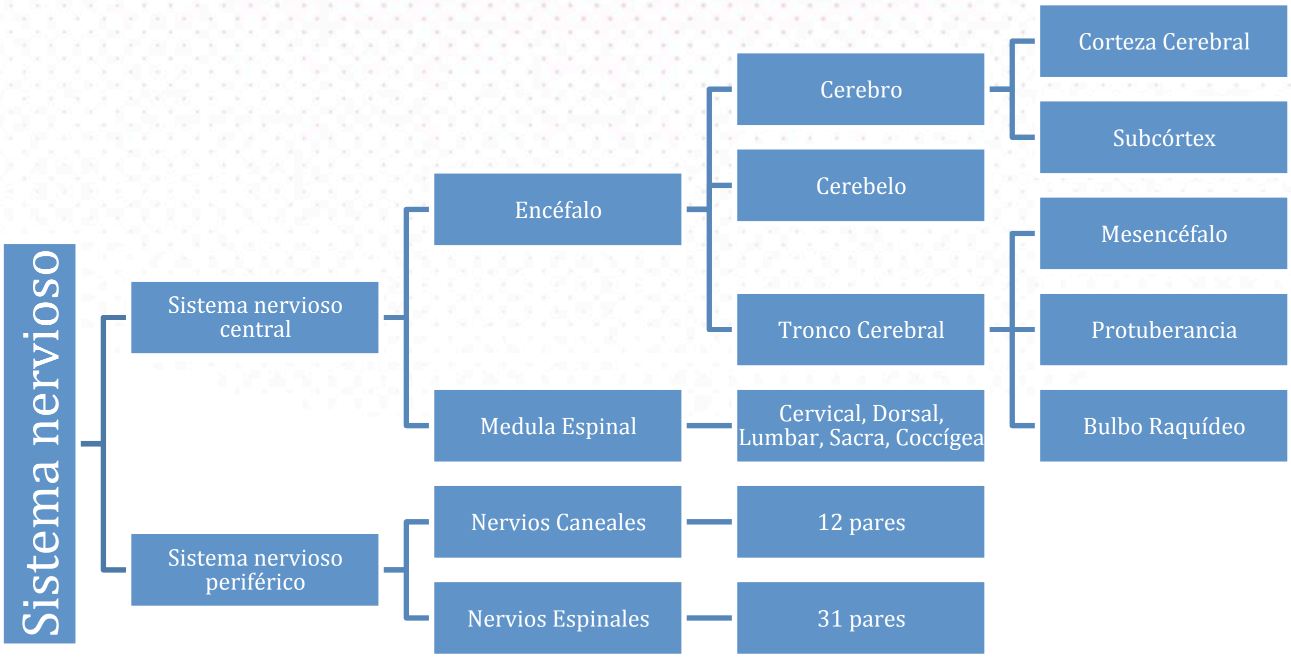
Existen otros términos como **homolateral o ipsilateral** que se refiere a estructuras del mismo lado del cuerpo y **contralateral** significa, estructuras en el lado contrario del cuerpo. En el momento de observar el cerebro en su interior, se secciona siguiendo ciertas pautas estandarizadas.

El SN se puede seccionar de 3 formas:

1. Secciones transversales: se obtienen secciones transversales o frontales
2. Secciones horizontales: en un sentido paralelo al suelo.
3. Secciones sagitales: en un sentido perpendicular al piso y paralelo al neuroeje. Por ello, el plano sagital medial divide al encéfalo en dos mitades iguales.

DIVISIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO

El sistema nervioso se divide en **Sistema Nervioso Central y Sistema Nervioso Periférico**. El sistema nervioso central está conformado por el encéfalo y la médula espinal mientras que el sistema nervioso periférico se compone de los nervios craneales, los nervios raquídeos o espinales y los ganglios periféricos.



El SNC está cubierto de huesos: el encéfalo por el cráneo y la médula está cubierta por la columna vertebral. Por ello, el encéfalo es la estructura más protegida del cuerpo no solo por el cráneo resistente sino porque flota en el líquido cefalorraquídeo.

Todo el sistema nervioso está cubierto de un resistente tejido conjuntivo, dichas cubiertas protectoras que cubren el encéfalo y la médula se conocen como **meninges.** Éstas poseen tres capas: 1. **Duramadre**: Capa más externa, gruesa, resistente que no puede estirarse, 2. **Aracnoides**: Capa intermedia, que debe su nombre al parecido con una tela de araña; ésta es blanda y esponjosa, 3. **Piamadre**: Estrechamente unida al encéfalo y a la médula, cubriendo las circunvoluciones.

Lo que llamamos el **espacio subaracnoideo** es lo que se encuentra entre la piamadre y la aracnoides, el cual se encuentra lleno del **líquido cefalorraquídeo.**

Igualmente, en el encéfalo se encuentran 5 cavidades intercomunicadas: 2 ventrículos laterales, el tercer ventrículo, el acueducto cerebral y el cuarto ventrículo dentro del tallo encefálico.

El sistema nervioso periférico (SNP) es un conjunto de estructuras que se encargan de establecer una conexión entre el SNC y el resto del cuerpo. Los nervios son agrupaciones de fibras nerviosas situadas en el exterior del SNC que son de 2 tipos: nervios craneales y nervios espinales.

Tabla 1.

Nervios craneales	Nervios espinales
I Olfatorio	8 Cervicales
II Óptico	12 Dorsales
III Óculomotor	5 Lumbares
IV Troclear	5 Sacros
V Trigémino	1 Coccígeo
VI Abducens	
VII Facial	
VIII Vestíbulo- coclear	
IX Glosofaringeo	
X Vago	
XI Accesorio Espinal	
XII Hipogloso	

Encéfalo: divisiones y funciones

A continuación se hará una breve descripción de cómo se encuentra organizado el encéfalo, teniendo en cuenta que es la estructura del sistema nervioso que es fundamental para el entendimiento de la conducta humana. Igualmente, se señalarán

las funciones de algunas estructuras, principalmente las relacionadas con el tallo cerebral y el cerebelo; otras estructuras como las que hacen parte del diencéfalo, solo estarán nombradas, puesto que se ha dedicado más adelante un capítulo para profundizar en ello.

El encéfalo

Es la parte del sistema nervioso central cerrada en la cavidad craneal. Se divide en:

1. Cerebro anterior
2. Cerebro medio
3. Cerebro posterior.

1. El cerebro anterior o prosencéfalo se divide en:

a) diencéfalo

b) Telencéfalo.

Algunas estructuras que conforman el diencéfalo son:

- El tálamo
- El hipotálamo
- El quiasma óptico
- La hipófisis
- Los tubérculos mamilares
- Tercer ventrículo.

El Telencéfalo está formado por los hemisferios cerebrales y sus estructuras internas y externas. Externamente los hemisferios tienen múltiples pliegues separados por grietas que cuando son profundas se llaman cisuras. Los dos hemisferios están unidos por el cuerpo calloso, formado por fibras que cruzan de un hemisferio a otro. La corteza cerebral es una capa de sustancia gris que se extiende sobre la superficie de los hemisferios.

2. El cerebro medio corresponde al ***mesencéfalo***, en el cual se encuentran estructuras como:

- Los pedúnculos cerebrales son fundamentales para el control reflejo de los movimientos oculares y la coordinación de dichos movimientos con la cabeza y el cuello.

- Los tubérculos cuadrigéminos están asociados a la ubicación de estímulos sonoros y,

3. El cerebro posterior o romboencéfalo se encuentra localizado en la parte inmediatamente superior de la medula espinal y está formado por tres estructuras:

- El bulbo
- La protuberancia o puente
- El cerebelo

- El cuarto ventrículo.

El bulbo Raquídeo

Es una estructura que se encuentra en el extremo superior de la médula y como prolongación de ella. En el hombre mide unos 3 cm de longitud. A nivel del bulbo cruzan algunos fascículos nerviosos dirigiéndose al lado opuesto del cerebro después de juntarse, con los cuales habían cruzado en la medula. De igual manera, las fibras que proceden del cerebro cruzan en el bulbo para dirigirse al lado opuesto a través de la médula.

Funciones del bulbo raquídeo:

Es el centro más importante de la vida vegetativa pues en él se encuentran situadas las conexiones centrales relacionadas con la respiración y el ritmo cardíaco, pudiendo ser fatal cualquier lesión de esta región. Sirve de conexión de algunos nervios craneales. El bulbo raquídeo interviene en los siguientes reflejos:

- El vómito
- La tos
- La salivación
- La respiración
- El estornudo

- La succión
- La deglución
- El vasomotor.

El cerebelo

Es una estructura fundamental para la conducta, puesto que su funcionamiento ha sido vinculado con tareas cognitivas importantes como el aprendizaje motor. Su corteza presenta un gran número de circunvoluciones y su cercanía al tallo cerebral da origen al cuatro ventrículo. Justamente se encuentra por detrás de la protuberancia y unido al tronco cerebral por fascículos de fibras aferentes, que le llevan impulsos procedentes de:

- La médula
- El bulbo raquídeo
- La protuberancia
- El cerebro medio y anterior.

A su vez, de los núcleos del cerebelo nacen fibras eferentes para cada una de estas regiones.

En el cerebelo la sustancia gris está en la corteza, mientras que la blanca está en el centro. El cerebelo tiende a ser grande y bien desarrollado en los animales capaces de movimientos precisos y finos; y su extirpación produce pérdida de la precisión y de la coordinación de los movimientos.

Funciones:

- Se asocia a actividades motoras iniciadas en otras partes del sistema nervioso.
- Contribuye al control de los movimientos voluntarios proporcionándolos precisión y coordinación.
- Regula y coordina la contracción de los músculos esqueléticos.
- Controla los impulsos necesarios para llevar a cabo cada movimiento, apreciando la velocidad y calculando el tiempo que se necesitará para llegar a un punto deseado.
- Asimismo, frena los movimientos en el momento adecuado y necesario.
- Ayuda a predecir las posiciones futuras de las extremidades.
- Es esencial para el mantenimiento de la postura y el equilibrio por sus conexiones kinestésicas y vestibulares.

SISTEMA LÍMBICO

Este sistema es fundamental para el entendimiento de la conducta humana, puesto que guarda una relación directa con las emociones, es por ello que a pesar que está compuesto por órganos que más adelante serán descritos, a continuación se hará una breve presentación del tema.

El sistema límbico, comprende áreas del tálamo, hipotálamo, hipocampo y la amígdala cerebral. Estos centros son los que parecen corresponder a la afectividad de la persona. Es la zona que haciendo una resonancia magnética funcional del cerebro

se puede ver que se activa cuando la persona experimenta angustias, penas, miedos, alegrías intensas y también otras emociones llamadas primarias, como la agresividad. Este ámbito del cerebro humano también lo tenemos en común con los otros mamíferos.

Las fibras nerviosas que van de la amígdala al cortex (es decir, de una parte del cerebro emocional al cerebro pensante) es mucho más grande que las que van del cerebro pensante (o neocórtex) al cerebro emocional. Es decir, que la influencia del cerebro emocional sobre el cerebro pensante es muy grande. A menudo las emociones dominan mucho más la razón, que no la razón las emociones.

La amígdala, que es una de las estructuras fundamentales de este sistema, juega un papel crucial en la regulación de las emociones básicas y el hipocampo tiene un papel muy importante en el almacenamiento y recuperación de información (además de regular algunas emociones), así que esta conexión entre uno y otro explicaría cómo es que los recuerdos ponen en acción emociones.

BIBLIOGRAFÌA

Carlson, N. (2006). Fisiología de la conducta. Madrid: Pearson

Gilman, S. & Newman, S. (2003) Neuroanatomía y neurofisiología clínicas de Manter y Gantz. Bogotá: Editorial Manual Moderno.

Huffman, K. (2008) Psicología en Acción. México: Editorial Limusa Wiley.

Patestas, M. & Gartner, L. (2008) Neuroanatomía Clínica. Bogotá: Editorial Manual Moderno.

Portellano, J. (2005) Introducción a la neuropsicología. Bogotá: Editorial Mc Graw Hill.

Waxman, S. (2004) Neuroanatomía clínica. Bogotá: Editorial Manual Moderno.

REFERENCIAS ON-LINE*LIBROS VIRTUALES*

Cardinali, D. (2007) Neurociencia aplicada: sus fundamentos. Colombia: Editorial Panamericana. [en línea]. [citado el 18 de Abril de 2012] Disponible en: http://books.google.com/books?id=3NcgrcIhQIAC&pg=PA4&dq=celulas+de+glia&hl=es&ei=vyRXTbvfHIGB8gba4MHdBg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3&ved=0CDIQ6AEwAg#v=onepage&q&f=false

Jiménez- Castellanos, J. (1999) Lecciones de Neuroanatomía Clínica. Universidad De Sevilla. [en línea] [citado el 15 de Mayo de 2012] Disponible en: http://books.google.com/books?id=KiriqYCNnxAC&pg=PA149&dq=cuarto+ventriculo&hl=es&ei=1AJgTe79JIP_8AatuNWPDA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=6&ved=0CEgQ6AEwBQ#v=onepage&q&f=false

Macarulla, J. & Goñi, F. (1994) Bioquímica Humana. Barcelona: Editorial Reverte. [en línea]. [citado el 20 de abril de 2012] Disponible en: http://books.google.com/books?id=4h_losytGvkC&pg=PA149&dq=celula&hl=es&ei=sVhVTcCNI4K88gb356HPBw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=9&ved=0CFAQ6AEwCA#v=onepage&q=celula&f=false

Morris, C. & Maisto, A. (2005) Introducción a la psicología. [en línea]. [citado el 20 de abril de 2012] Disponible en: http://books.google.com/books?id=PLDQoRgu5ZYC&printsec=frontcover&dq=introduccion+a+la+psicolog%C3%ADa%2B+morris+y+maisto&hl=es&ei=Hc91Tbf_IJCWtwf5-4WfBg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CC4Q6AEwAA#v=onepage&q&f=false

Rosenzweig, M.; Breedlove, M. & Watson, N. (2005) Psicobiología. España: Editorial Ariel. [en línea] [citado el 15 de Mayo de 2012] Disponible en: http://books.google.com/books?id=XRakusBcsMkC&pg=PA41&dq=cortes+del+cerebro&hl=es&ei=eE9oTaKrL8jOgAeN8aDLCg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=10&ved=0CFsQ6AEwCQ#v=onepage&q&f=false

Ripoll, D. (2010) Fundamentos de Psicobiología. Barcelona: Editorial UOC. [en línea]. [citado el 22 de Mayo de 2012] Disponible en: http://books.google.com/books?id=W88FwWGAjnEC&printsec=frontcover&dq=psicobiolog%C3%ADa&hl=es&ei=Vjt2TYTZCo2SgQemrr3OBQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=4&ved=0CDgQ6AEwAw#v=onepage&q&f=false

Snell, R. (2007) Neuroanatomía Clínica. Colombia: Editorial Panamericana [en línea]. [citado el 22 de Mayo de 2012] Disponible en: http://books.google.com/books?id=9AjM5_4tmMkC&pg=PA342&dq=funcion+del+nucleo+caudado&hl=es&ei=MtxeTdTUKoOCIAfa4umFDA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CC4Q6AEwAA#v=onepage&q&f=false